

**О.Г. СЕРЕДА**, канд. техн. наук, доц., НТУ "ХПІ"

**В.В. ЛИТВИНЕНКО**, асистент, НТУ "ХПІ"

**І.С. ВАРШАМОВА**, асистент, НТУ "ХПІ"

**В.В. МОРГУН**, студент, НТУ "ХПІ"

### **ТЕХНІЧНИЙ ОГЛЯД СУЧАСНИХ АВТОМАТИЧНИХ ВИМИКАЧІВ НИЗЬКОЇ НАПРУГИ НА НОМІНАЛЬНИЙ СТРУМ 250А**

Розглянуто нові інноваційні конструктивні рішення в автоматичних вимикачах, які дають можливість покращити їх захисні характеристики та застосовувати для надійного захисту розподільчих мереж низької напруги.

**Ключові слова:** автоматичний вимикач, розчеплювач захисту, розподільчий пристрій.

**Вступ.** Безперебійна робота промислових і інфраструктурних об'єктів багато в чому залежить від надійної системи розподілу електроенергії. В наш час ринок сучасних автоматичних вимикачів пропонує продукцію, яка є високоякісною з новітніми технічними та конструктивними рішеннями з практично необмеженою можливістю застосування в різних областях людської діяльності. Такі провідні виробники низьковольтної електричної апаратури як ABB, Schneider-electric, Siemens, Legrand завдяки використанню високоякісних матеріалів, широкого спектру практичних аксесуарів для розширення функціональних можливостей вимикачів, спеціальним виконанням та покращенню захисних характеристик при обмежених габаритах займають передове місце серед інших виробників та практично не мають конкурентів. Автоматичні вимикачі як апарати захисту повинні забезпечити надійний захист розподільчих мереж при виникненні аварійного режиму та безпечність для обслуговуючого персоналу під час нормальної роботи. Надійний захист забезпечується завдяки наявності в конструкції вимикачів різного типу розчеплювачів: незалежний, електромагнітний, індукційно-динамічний, електронний, тепловий, мікропроцесорний тощо. Високий ступінь захисту обслуговуючого персоналу досягається за рахунок посиленої ізоляції між силовими частинами, що перебувають під напругою, і передньою частиною вимикача, до якої торкається оператор та завдяки застосуванню оболонок зі ступенями захисту IP відповідно до вимог стандарту ІЕС. Все це та можливість регулювання уставок

спрацьовування розцеплювачів, компактність, а також спрощена система монтажу у відсіках розподільних пристроїв надає перевагу вимикачам саме цих виробників. Застосування компактних автоматичних вимикачів допоможе оптимізувати витрати, забезпечуючи всі необхідні захисні функції, що пред'являються до апаратів для розподілу електроенергії, за доступною ціною.

**Мета роботи** – огляд конструкцій та характеристик сучасних низьковольтних автоматичних вимикачів провідних виробників в області технологій для електроенергетики та автоматизації.

**Автоматичні вимикачі ABB серії Tmax.** Серія автоматичних вимикачів SACE Tmax на номінальний струм до 250 А пропонує чотири типорозміри: XT1, XT2, XT3, XT4 (рис. 1). Вони охоплюють діапазон робочих струмів 1-250 А. Всі автоматичні вимикачі триполюсні та чотирьохполюсні випускаються в стаціонарному виконанні. Вимикачі XT2, XT3, XT4 випускаються також у дотичному виконанні, а вимикачі типорозмірів XT4 ще й у висувному виконанні [1]. Струм номінальної граничної здатності до відключення становить  $I_{cu}=10$  кА при номінальній напрузі  $U_n=690$  В.

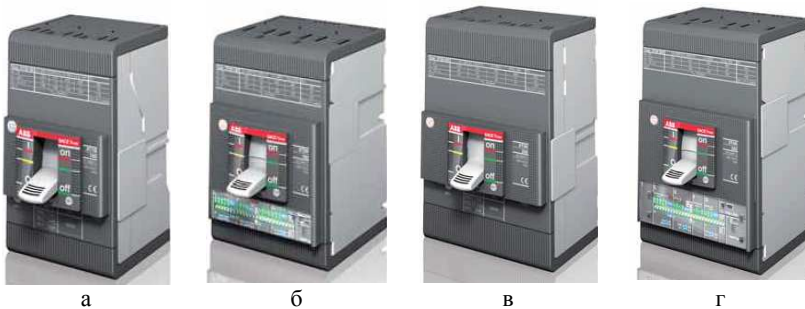


Рис. 1 – Автоматичні вимикачі ABB серії SACE Tmax:  
а – XT1; б – XT2; в – XT3; г – XT4.

Серія Tmax низьковольтних автоматичних вимикачів ABB на номінальний струм до 1600 А пропонує сім типорозмірів: T1-T7 [2]. Завдяки наявності семи типорозмірів автоматичних вимикачів і повного набору тільки магнітних, термагнітних і електронних розцеплювачів, існує можливість вільного вибору оптимального рішення завдання щодо захисту електроустановок. Автоматичні вимикачі Tmax T1, T2, T3 (рис. 2) на номінальний струм до 250 А. Єдине виконання за глибиною (70 мм) трьох типів апаратів значно спрощує монтаж. Нові дугогасні камери виготовлені з газоутворюючого матеріалу, а інноваційна

конструкція дозволяє скоротити час гасіння дуги. Всі три типорозміри стандартно оснащені пристроєм регулювання теплового порога і мають нові трьох і чотирьохполюсні розчеплювачі струмів утискання на землю, сконструйовані з урахуванням оптимізації простору в розподільчому щиті і простого з'єднання з автоматичним вимикачем.



Рис. 2 – Автоматичні вимикачі ABB серії Tmax: а – Т1; б – Т2; в – Т3.

Автоматичний вимикач Tmax T1 на номінальний струм 160 А в порівнянні з іншими автоматичними вимикачами з аналогічними характеристиками (здатність до відмикання  $I_{cu}=36$  кА при напрузі  $U_n=415$  В змінного струму) має значно менші габаритні розміри. Вимикач Tmax T2, оснащений електронним розчеплювачем захисту, є єдиним на ринку автоматичним вимикачем на 160 А з такими характеристиками при обмежених габаритах. Він забезпечує здатність до відмикання  $I_{cu}=85$  кА при напрузі  $U_n=415$  В змінного струму. Вимикач Tmax T3 є автоматичним вимикачем на 250 А зі значно обмеженими габаритами в порівнянні аналогічними апаратами. Вимикач дозволяє забезпечити координацію захисту електродвигуна потужністю до 90 кВт при напрузі  $U_n=415$  В змінного струму.

Вимикачі Tmax T4, T5, T6 на номінальний струм до 1000 А – це автоматичні вимикачі в литих корпусах з покращеним співвідношенням габаритних розмірів. Можливість їх застосування практично необмежена завдяки різним спеціальним виконанням, сучасній електроніці, а також повного уніфікованому асортименту аксесуарів. Високоякісні матеріали та інноваційні конструктивні рішення, використані компанією ABB, гарантують характеристики з високим відношенням номінальний струм-габарит. Вимикачі T4 і T5 гарантують відмикальну здатність  $I_{cu}=200$  кА ( $U_n=415$  В змінного струму) та  $I_{cu} = 80$  кА ( $U_n=690$  В змінного струму). Розширено сферу застосування до номінальної напруги  $U_n=1150$  В змінного струму та  $U_n=1000$  В постійного струму.

Електронні розчеплювачі захисту виготовлені з застосуванням новітніх технологій та реалізацією ексклюзивних технічних рішень. Вимикачі Т4-Т6 мають однакову глибину (103,5 мм), що спрощує їх розміщення у відсіках розподільних щитів. Завдяки повному асортименту аксесуарів спрощується процедура вибору, підвищується універсальність при застосуванні і скорочується потреба складського запасу. Вимикач Тmax Т7 на номінальний струм до 1600 А існує в двох версіях – з ручним керуванням (рис. 3) або з моторним приводом та може встановлюватися як горизонтально, так і вертикально. Існує також викочуване виконання. Доступні всі типи затискачів, включаючи плоскі заднеорієнтовані затискачі, і нова більш швидка й безпечна система викочування рухомої частини.



Рис. 3 – Автоматичний вимикач АВВ серії Тmax Т7.

Новою є система швидкої інсталяції аксесуарів: відсутність дротів підключення всередині автоматичного вимикача, швидке, просте і надійне приєднання до зовнішнього кола, відсутність гвинтів для підключення дротів. Нова система взаємного механічного блокування за допомогою тросів дає значні переваги в оптимізації габаритів і дозволяє взаємно блокувати два автоматичних вимикача в будь-яких положеннях та організувати блокування з селективним вимикачем серії Еmax.

Автоматичні вимикачі серії Тmax одного типорозміру мають різні номінальні струми та різну здатність до відмикання. Здатність вимикачів до відмикання при напрузі 690 В, 50-60 Гц, позначається наступними літерами (рис. 4): **В** (16 кА); **С** (25 кА); **N** (36 кА); **S** (50 кА); **Н** (70 кА); **L** (85 кА); **V** (150 кА).



Рис. 4 – Здатність до відключення струмів короткого замикання.

Характеристики автоматичних вимикачів вказані на передній панелі (рис. 5).

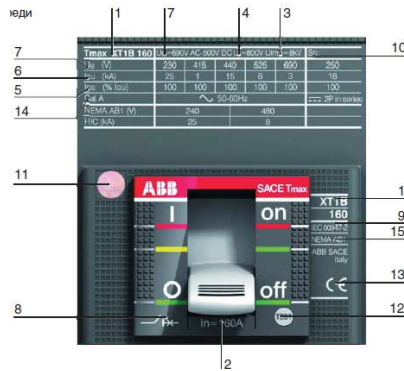


Рис. 5 – Характеристики автоматичних вимикачів на передній панелі відповідно до Стандарту IEC 60947-2 (ГОСТ Р 50030.2): 1 – назва вимикача й рівень виконання за номінальною здатністю до відмикання; 2 – номінальний струм розчеплювача захисту; 3 – номінальна імпульсна напруга, що витримується; 4 – напруга ізоляції; 5 – номінальна робоча здатність до відмикання; 6 – номінальна гранична здатність до відмикання; 7 – номінальна робоча напруга; 8 – символ придатності до роз'єднання; 9 – відповідність стандарту IEC 60947-2; 10 – серійний номер; 11 – голограма захисту від підробки; 12 – кнопка тестування; 13 – маркування CE; 14 – категорія застосування; 15 – відповідність стандарту NEMA-AB1.

Всі автоматичні вимикачі випускаються в стаціонарному виконанні. Вимикачі серії Tmax можуть бути легко встановлені в розподільчий щит будь-якого типу, завдяки можливості подання струму як через верхні, так і через нижні виводи без порушення працездатності.



Рис. 6 – Розташування електричного аксесуара.

Конструкція вимикача забезпечує подвійну ізоляцію між силовими частинами, що перебувають під напругою (крім виводів), і передньою частиною апарата, до якої доторкається оператор під час нормальної роботи електроустановки. Гніздо для кожного електричного аксесуара повністю відділено від силового кола, запобігаючи будь-який контакт із частинами, що перебувають під напругою (рис. 6). Зокрема, блок механізму керування повністю ізолюваний від струмоведучих еле-

ментів.

Крім того, автоматичний вимикач має підвищену ізоляцію як між внутрішніми частинами, що перебувають під напругою, так і між силовими виводами. Фактичні ізолюючі відстані перевищують необхідні стандартами ІЕС і відповідають таким, що потрібні для використання в США (стандарт UL 489).

У відключеному стані автоматичний вимикач гарантує роз'єднання кола у відповідності зі стандартом ІЕС 60947-2. Збільшені ізолюючі відстані забезпечують відсутність струмів витоку та надійну ізоляцію між входом і виходом при великих перенапругах.

Для автоматичних вимикачів дотичного та висувного виконання у витягнутому положенні силові й допоміжні кола ізольовані, що гарантує відсутність напруги на будь-яких частинах. За допомогою спеціальних з'єднувачів у цих умовах можна виконати перевірку вторинних кіл автоматичного вимикача в цілковитій безпеці.

В табл. 1 зазначені ступені захисту, що забезпечуються автоматичними вимикачами Тmax, відповідно до вимог стандарту ІЕС 60529. Фіксовані частини (рис. 7) завжди поставляються зі ступенем захисту IP 20. Ступінь захисту IP 54 може бути досягнутий для автоматичних вимикачів, які установлені в розподільчому пристрої та оснащені поворотною рукояткою керування, встановленою на двері шафи зі спеціальним комплектом (RHE-IP54).

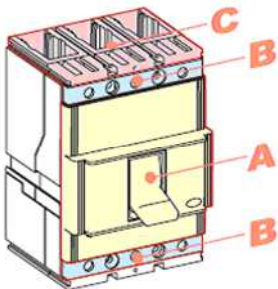


Рис. 7 – Фіксовані частини зі ступенем захисту.

Таблиця 1 – Ступені захисту автоматичних вимикачів.

	Накладка з переду	Без накладки з переду	Без кришок выводів	З високими кришками выводів	З низькими кришками выводів	Комплект захисту IP 40 з переду
A	IP 40	IP 20				
B	IP 20	IP 20	IP 20	IP 40	IP 40	IP 40
C				IP 40	IP 30	

Автоматичні вимикачі Тmax можуть працювати при температурі навколишнього середовища  $-25 \div +70^{\circ}\text{C}$ , і зберігатися при температурі навколишнього середовища  $-40 \div +70^{\circ}\text{C}$ . Спрацьовування термоелемента автоматичних вимикачів, оснащених біметалевим розчеплювачем, регулюється для температури  $+40^{\circ}\text{C}$ . Можлива зміна уставки

спрацьовування теплового розчеплювача для температур відмінних від +40°C. Робочі параметри електронних мікропроцесорних розчеплювачів не залежать від зміни температури. Однак для температур, що перевищують +40°C, зменшується максимальна уставка захисту  $L$  від перевантажень, беручи до уваги явища нагрівання мідних струмопроводів автоматичного вимикача. При навколишній температурі більше +70°C стабільність характеристик автоматичного вимикача не гарантується. Щоб забезпечити безперервність роботи енергоустановок, слід підтримувати температуру припустиму для нормальної роботи пристроїв, а не тільки автоматичних вимикачів. Тому потрібно передбачити використання примусової вентиляції в розподільчих щитах і приміщеннях, де вони встановлені.

Характеристики автоматичних вимикачів серії Tmax залишаються незмінними до висоти 2000 м над рівнем моря (табл. 2). При подальшому збільшенні висоти, змінюються властивості атмосферного повітря, такі як состав, діелектрична проникність, охолоджувальна здатність і тиск повітря. Тому, відповідно, змінюються характеристики автоматичного вимикача. Це виражається в зменшенні основних параметрів: номінальної напруги й номінального струму вимикача.

Таблиця 2 – Характеристики автоматичних вимикачів при збільшенні висоти.

Висота (м)	2000	3000	4000	5000
Номінальна робоча напруга $U_n$ , В	690	600	500	440
Номінальний струм вимикача $I_n$ , % $I_n$	100	98	93	90

Дугогасна система автоматичних вимикачів Tmax забезпечує дуже швидке розмикання електричного кола при дуже високому струмі короткого замикання (КЗ). Висока швидкість розмикання контактів, динамічний вплив магнітного поля та конструкція дугогасної камери сприяють гасінню дуги в найкоротший час, істотно обмежуючи значення питомої наскрізної енергії  $I^2t$  та піковий струм.

Електричні характеристики автоматичних вимикачів Tmax призначених для захисту розподільчих мереж низької напруги наведені в табл. 3.

Вимикачі серії Tmax можуть бути встановлені в розподільчих пристроях із кріпленням на монтажну плату або рейку з розміщенням у горизонтальному, вертикальному або лежачому положенні без шкоди для своїх номінальних параметрів, а також в розподільчий щит будь-якого типу, завдяки можливості подання струму як через верхні, так і через нижні виводи, не порушуючи працездатності. Крім кріплення на монтажній панелі, вимикачі серії Tmax можуть встановлюва-

тися на DIN-рейках, завдяки спеціальним фіксуючим скобам.

Таблиця 3 – Електричні характеристики вимикачів Tmax.

Тип автоматичного вимикача	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
Номинальний струм, $I_n$ [A]	160	160	250	250, 320	400, 630	630, 800, 1000	800, 1000, 1250, 1600
Номинальна робоча напруга змінного струму 50 Гц, $U_e$ [В]	690	690	690	690	690	690	690
Номинальна гранична відмикальна здатність при КЗ, $I_{cu}$ [кА]	6	10	8	70	70	30	50
Номинальна робоча відмикальна здатність при КЗ, $I_{cs}$ [% $I_{cu}$ ]	50	75	50	100	100	75	75
Геометричні розміри при стаціонарному виконанні: ш×г×в [мм]	76×70×130	90×70×130	105×70×150	105×103,5×205	140×103,5×205	210×103,5×268	210×154×268

Крім того, глибина 70 мм вимикачів серії Tmax T3 з номінальним струмом до 250 А, дозволяє встановлювати їх в один ряд з апаратами T1 та T2. Це спрощує їх монтаж в стандартних розподільчих пристроях. Фактично, можливо виготовляти стандартизовані монтажні конструкції, полегшуючи етап проектування й виготовлення розподільчого пристрою.

**Автоматичні вимикачі Compact NS Schneider-electric.** Автоматичні вимикачі Compact NS (рис. 8) здійснюють захист від КЗ розподільчих мереж при живленні від силових трансформаторів або генератора, а також кабельних ліній великої протяжності в системах TN та IT (рис. 9). Захист розподільчих мереж низької напруги здійснюється автоматичними вимикачами Compact NS400 – NS630 оснащеними електронними розчеплювачами STR23SE, STR23SV, STR53UE та STR53SV. Зазначені розчеплювачі встановлюються на апарати Compact NS400 – NS630 кодифікацій N, H, L в 3 або 4 полюсному виконанні. Автоматичні вимикачі Compact NS здійснюють гарантоване роз'єднання аварійного електричного кола відповідно до стандарту МЕК 60947-2. Захист електродвигунів від перевантажень може бути забезпечений на вибір, автоматичним вимикачем або тепловим реле Telemecanique. При цьому електродвигун може керуватись за різними схемами: прямий пуск, з реверсом або без, схема керування "зірка-трикутник". Такі схеми керування відповідають вимогам стандарту МЕК 60947-4-1 [3].





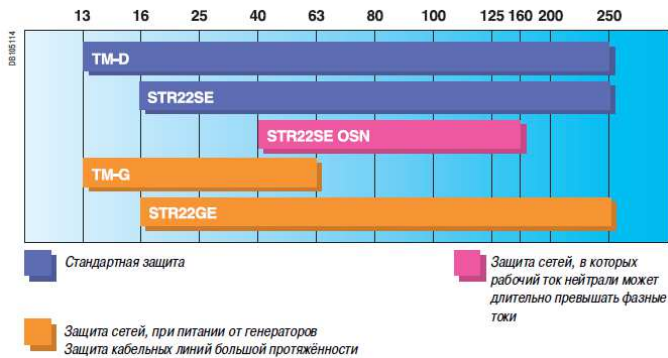
Рис. 8 – Автоматичні вимикачі Compact NS:  
а – compact NS250H; б – compact NS630N; в – compact NS800L.

Автоматичні вимикачі Compact NS250 модифікацій N, H та L можуть бути оснащені магнітотермічним розчеплювачем ТМ або електронним розчеплювачем STR22 (рис. 9, а). Автоматичні вимикачі Compact NS800 та NS800L оснащені електронним розчеплювачем STR53UE або STR53SV (рис. 9, б). Спеціальне блокування не дозволяє встановити на апарат розчеплювач, номінальний струм якого вищий за номінальний струм комутаційного блока апарата.

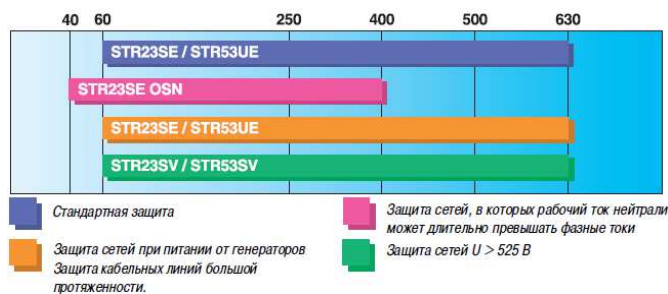
Уставки захисту магнітотермічного розчеплювача ТМ регулюються за допомогою поворотних перемикачів 1 і 2 (рис. 10).

Магнітотермічний розчеплювач реалізує наступні основні захисти (рис. 11):

- захист від перевантажень з регульованою уставкою;
- захист від КЗ з постійною або регульованою уставкою в залежності від номінального струму.



а



б

Рис. 9 – Захисні властивості автоматичних вимикачів Compact NS:  
а – оснащені магнітотермічним розчеплювачем ТМ або електронним розчеплювачем STR22; б – оснащені електронним розчеплювачем STR53UE або STR53SV.

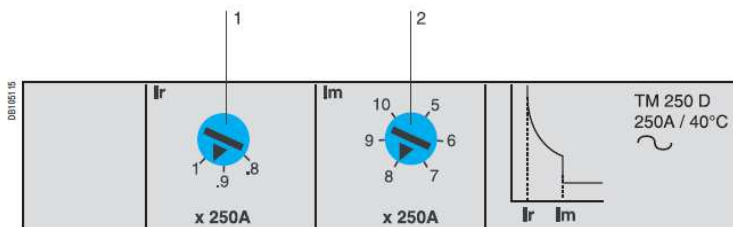


Рис. 10 – Регулювання уставки захисту магнітотермічного розчеплювача.

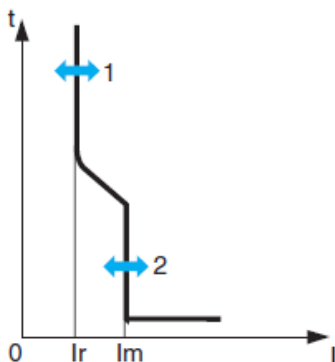


Рис. 11 – Захисна характеристика:  
1 – уставка захисту від перевантажень;  
2 – уставка захисту від КЗ.

В чотирьохполюсних вимикачах застосовується захист 4-го полюса одного з наступних типів: без захисту нейтралі – 4Р 3d, частковий захист нейтралі – 4Р 3d + Т2, із захистом нейтралі – 4Р 4d.

Для мережі постійного струму розроблена спеціальна серія апаратів Compact NS на номінальні струми 16-630 А, яка поєднує в собі 3 полюсні виконання на номінальні струми 250-630 А, що мають підвищену граничну комутаційну здатність до відключення при напрузі 750 В. Апарати сумісні з усіма аксесуарами стандартної серії Compact NS та додатково комплектуються аксесуарами для послідовного або паралельного з'єднання полюсів, а також спеціальними елементами для ізоляції.

Електронний розчеплювач реалізує захист від перевантажень з регульованою уставкою за струмом (рис. 12), а також захист від КЗ: миттєве струмове відсікання з постійною уставкою за струмом ( $I_i$ ) та селективне струмове відсікання з регульованою уставкою за струмом ( $I_{sd}$ ) з постійною витримкою часу. Уставки захисту електронного розчеплювача STR22 регулюються за допомогою поворотних перемикачів 1 і 3.

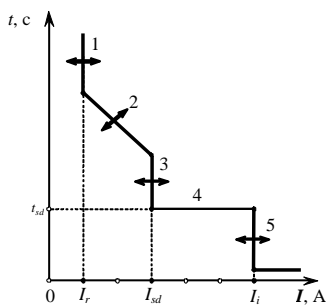


Рис. 12 – Захисна характеристика електронного розчеплювача.

Позначення на рис. 12: 1 – уставка за струмом захисту від перевантаження  $I_r$ ; 2 – уставка часу затримки спрацьовування захисту від перевантаження; 3 – уставка за струмом селективного струмового відсікання  $I_{sd}$ ; 4 – уставка часу затримки спрацьовування селективного струмового відсікання  $t_{sd}$ ; 5 – уставка за струмом миттєвого струмового відсікання  $I_i$ .

У чотирьохполюсних вимикачів передбачений регульований захист нейтралі, де робочий струм може тривалий час перевищувати фазні струми (OSN), за допомогою трьохпозиційного перемикача. Спеціальний захист OSN на чотирьохполюсних

апаратах призначений для мереж з високим вмістом третьої гармоніки.

Захист розподільчих мереж низької напруги здійснюється автоматичними вимикачами Compact NS400 – NS630 оснащеними електронними розчеплювачами STR23SE, STR23SV, STR53UE и STR53SV. Зазначені розчеплювачі встановлюються на апарати Compact NS400 – NS630 кодифікацій N, H, L в трьох- або чотирьохполюсному виконанні. Розчеплювачі STR53UE/SV мають широкий діапазон регульованих уставок, а розчеплювач STR53UE, крім того, має додаткові функції вимірювання та передачі даних. Вибір розчеплювача залежить від типу мережі, що захищається, а також від робочої напруги. П'ять моделей розчеплювачів забезпечують захист усіх типів від 60 до 1600А при робочій напрузі. Данні розчеплювачі не мають фіксованого значення номінального струму. Межа спрацьовування залежить тільки від номінального струму автоматичного вимикача, а також від уставки захисту від перевантажень. Наприклад, номінальний струм розчеплювача STR23SE при максимальній уставці захисту від перевантажень складає: 250 А при встановленні на вимикач Compact NS400, розрахований на номінальний струм 250 А або 630 А при встановленні на Compact NS630.

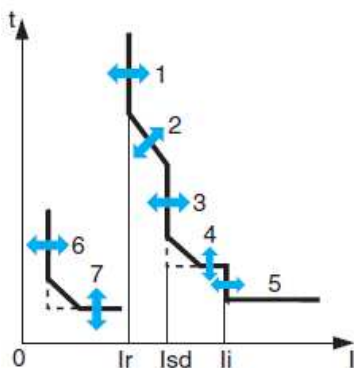


Рис. 13 – Захисна характеристика розчеплювача STR53UE.

Електронний розчеплювач STR53UE реалізує захист від перевантажень з регульованою уставкою за струмом (рис. 13), який спрацьовує за середньоквадратичним значенням струму (RMS), а також захист від коротких КЗ: миттєве струмове відсікання з постійною уставкою за струмом ( $I_i$ ) та селективне струмове відсікання з регульованою уставкою за струмом ( $I_{sd}$ ) з постійною та регульованою витримкою часу  $t_{sd}$ . Уставки захисту розчеплювача регулюються за допомогою поворотних перемикачів.

Захист від перевантажень з регульованою уставкою за струмом та постійною уставкою часом дозволяє попереднє регулювання  $I_o$  (шість позицій 0,5-1); точне регулювання  $I_r$  (вісім позицій 0,8-1). Задане значення уставок в амперах та секундах тимчасово відображається на дисплеї. Точність завдання уставок може бути підвищена у випадку використання калібратора захисту від перевантажень з більш вузькою зо-

ною регулювання. Стандартне виконання: 0,4-1. Додаткове виконання: 0,4-0,8 або 0,8-1. При необхідності захист від перевантажень може бути відключений.

Захист від КЗ дозволяє вибір характеристики в зоні селективного струмового відсікання, а також реалізувати захист від замикань на землю. Додатково можливий диференціальний захист за струмом нульової послідовності (Vigi) без зовнішнього джерела живлення. Логічна селективність ZSI (Zone Selective Interlocking) дозволяє об'єднати декілька блоків контролю та керування Micrologic послідовно розташованих апаратів та забезпечити їх повну селективність при КЗ та замиканнях на землю без примусової витримки часу [4].

Апарати Compact відповідають спеціальним вимогам морської класифікації (Bureau Veritas, Lloyd's Register of Shipping, Det Norske Veritas і т.д.). Вимикачі адаптовані для захисту електроприводів верстатів (стандарт NF C 79-130 та рекомендації CNOMO. При тропічному виконанні вимикачі Compact та їхні модифікації відповідають ступеню T2 стандарту NF C 63-100 при відносній вологості 95 % при температурі 45 °C, або 80 % при температурі 55°C (жаркий та вологий клімат), а також наступним нормам: МЭК 68-2-30 – вологий жаркий клімат, МЭК 68-2-2 – сухий жаркий клімат, МЭК 68-2-11 – сольові випари, МЭК 68-2-1 – стійкість до низьких температур. Вимикачі Compact адаптовані до роботи в забруднених умовах у відповідності зі стандартами МЭК 947 – III ступінь промислового забруднення. У конструкції вимикачів Compact враховані рекомендації із захисту навколишнього середовища. Більша частина компонентів апаратів утилізується.

Електричні характеристики автоматичних вимикачів Compact NS для захисту розподільчих мереж низької напруги наведені в табл. 4.

Таблиця 4 – Електричні характеристики вимикачів Compact NS.

Тип автоматичного вимикача	NS630b			NS800			NS1000		
Номинальний струм, $I_u$ [A]	630			630, 800			800, 1000		
Номинальна робоча напруга змінного струму 50 Гц, $U_e$ [В]	690			690			690		
Номинальна гранична відмикальна здатність при КЗ, $I_{cu}$ [кА]	N	H	L	N	H	L	N	H	L
	25	30	42	25	30	42	25	30	42
Номинальна робоча відмикальна здатність при КЗ, $I_{cs}$ [% $I_{cu}$ ]	100	100	75	100	100	75	100	100	75
Геометричні розміри при стандартному виконанні: ш×г×в [мм]	210×147×327								

**Автоматичні вимикачі Siemens 3VT4 та 3VT5.** Компанія "Сіменс" пропонує системи автоматизації, приводи, низьковольтних комутаційну апаратуру та програмне забезпечення для промисловості як для стандартної продукції, так і для комплексних виробничих рішень. Програмне забезпечення для промисловості дозволяє оптимізувати весь виробничий цикл в галузі машинобудування починаючи від розробки виробу і його виробництва до моменту продажу і післяпродажного сервісу. Компоненти механічного та електротехнічного обладнання несуть в собі ознаки комплексних технологічних рішень для всіх типів приводів від механічних муфт та редукторів до приводних електродвигунів, систем керування й технологічних рішень в області керування для всієї машинобудівної промисловості. Технологічна платформа пропонує надійні рішення у сфері розподілу енергії. Висока екологічність продукції є частиною екологічного менеджменту, який націлений на підтримку навколишнього середовища. Ще на стадії розробки продукту розраховується його вплив на навколишнє середовище. З цієї причини виробі і системи відповідають вимогам обмежень за шкідливими речовинами.

Надзвичайно високі вимоги ставляться до сучасної низьковольтної комутаційної апаратури. Потрібно рентабельне устаткування, елементи якого здатні взаємодіяти один з одним, яке легко встановлюється в шафи керування, розподільні щити та інші розподільні системи. Сіменс пропонує промислові апарати керування SIRIUS та системи низьковольтного енергорозподілення з керуванням електроживленням SIVACON та SENTRON (рис. 14).



а



б

Рис. 14 – Промислові апарати керування та системи енергорозподілення:  
а – SENTRON; б – SIRIUS.

В системі SIRIUS передбачено все, починаючи від комутаційного та захисного устаткування, закінчуючи системами захисту від пускових струмів. Апарати, які контролюють, керують, виявляють, регулюють, сигналізують та подають живлення завершують спектр промислових апаратів.

Автоматичні вимикачі SIEMENS 3VT призначені для встановлення як в розподільчі пристрої об'єктів інфраструктури [4], так і для розподілу електроенергії в промисловості: електроустановки, конденсатори, трансформатори, генератори. Також можливе застосування автоматичних вимикачів в якості ввідних, секційних та відвідних апаратів захисту і комутації. Автоматичні вимикачі 3VT представлені п'ятьма типорозмірами, мають високий ступінь надійності й безпеки. Компактні автоматичні вимикачі 3VT забезпечують всі необхідні захисні функції. Комутуючий блок оснащений розчеплювачем максимального струму ETU DP, MP та UP або модулем роз'єднувача навантаження 3VT9 410-6ДТ00, а також висувним пристроєм 3VT9 500-4А40.

Електронні розчеплювачі максимального струму окремого та взаємозамінного модуля поставляються з комутуючим блоком 3VT4 710-3AA ...-0AA0. Діапазон номінальних струмів автоматичного вимикача змінюється при заміні розчеплювача максимального струму. Для комутуючих блоків 3VT4 710-3AA30-0AA0 розчеплювачі випускаються для чотирьох величин номінального струму: 315, 630, 800, 1000 А. Розчеплювачі покривають діапазон номінальних струмів 125-1000 А. Поставляються наступні розчеплювачі (рис. 15-17) з параметрами, що задовольняють необхідному набору регулювань (рис. 18) для захисту пристроїв:

– ETU DP (рис. 15) з одним типом характеристики з регульованими  $I_r$  і  $I_{rm}$  (рис. 18, б);

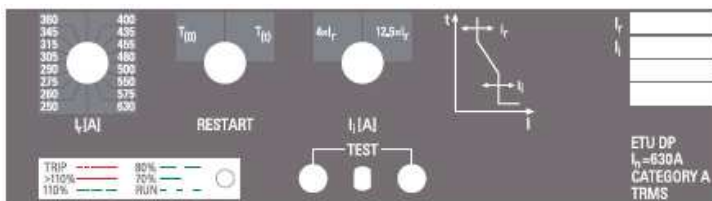


Рис. 15 – Передня панель розчеплювача ETU DP.

– ETU MP (рис. 16) мають кілька характеристик з регульованими  $I_r$ ,  $t_r$  і  $I_{rm}$  (рис. 18, в);

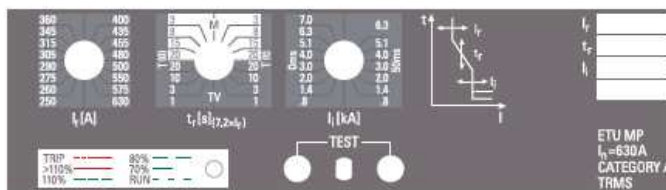


Рис. 16 – Передня панель розчеплювача ETU MP.

– ETU MPS (рис. 17) мають універсальні характеристики з великим набором регулювань:  $I_r$ ,  $t_r$ ,  $I_{sd}$ ,  $t_{sd}$  і  $I_i$  (рис. 18, г).

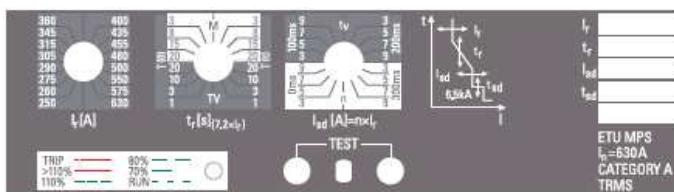


Рис. 17 – Передня панель розчеплювача ETU MPS.

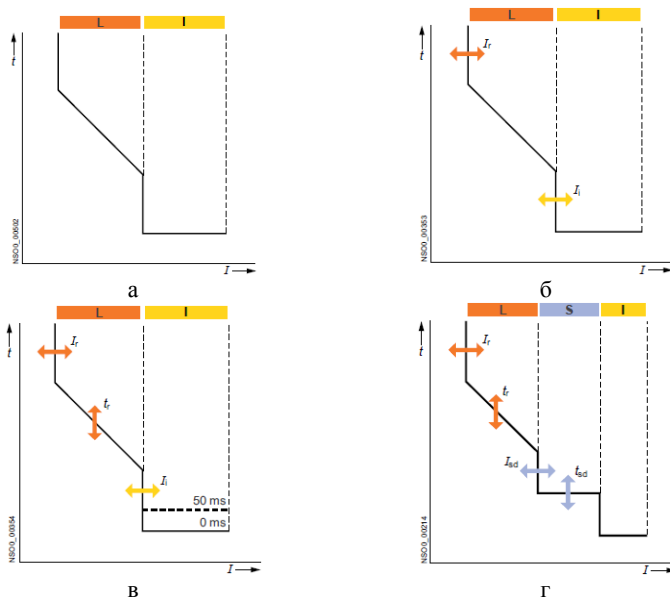


Рис. 18 – Захисні характеристики розчеплювачів ETU:  
а – LP; б – DP; в – MP; г – MPS.



Нормальна робота розчеплювачів не залежить від форми струму в головному колі. Розчеплювачі при роботі керуються мікропроцесором, який обробляє дискретизований сигнал силового кола й перераховує його для отримання середньо квадратичного значення. З цієї причини цифрові розчеплювачі підходять для захисту кіл, де синусоїдальний струм спотворюється вищими гармоніками (кола з керованими випрямлячами, компенсаторами коефіцієнта потужності, імпульсними навантаженнями). Всі розчеплювачі захищають коло при КЗ та перевантаженні. Використання виборчого каскадування при налаштуванні автоматичних вимикачів особливо характерно для розчеплювачів типу ETU MPS. Характеристики спрацювання розчеплювачів не залежать від навколишньої температури. Характеристики спрацювання розчеплювачів максимального струму визначаються стандартом EN 60 947-2. Характеристики регулюються в декількох зонах за допомогою фіксованих перемикачів на модулі розчеплювача максимального струму. Для розчеплювачів ETU МП встановлюється витримка часу до 50 мс.

Електричні характеристики автоматичних вимикачів SIEMENS 3VT призначених для захисту розподільчих мереж низької напруги наведені в табл. 5.

Таблиця 5 – Електричні характеристики вимикачів SIEMENS 3VT.

Тип автоматичного вимикача	3VT4	3VT5
Номінальний струм, $I_u$ [A]	315, 630, 800, 1000	630, 1000, 1250, 1600
Номінальна робоча напруга змінного струму 50 Гц, $U_e$ [В]	690	690
Номінальна гранична відмикальна здатність при КЗ, $I_{cu}$ [кА]	20	20
Номінальна робоча відмикальна здатність при КЗ, $I_{cs}$ [% $I_{cu}$ ]	100	100
Геометричні розміри при стаціонарному виконанні: ш×г×в [мм]	210×134,5×350	210×134,5×350

**Автоматичні вимикачі Legrand серії DPX та DMX.**  
Електротехнічні вироби торговельної марки Legrand відомі усьому світу високою безпекою, яка забезпечується при їх використанні. Автоматичні вимикачі Legrand поділяються на три основні категорії: АСВ DMX, МССВ DPX в литих корпусах (рис. 19) та модульні МСВ DX та LR. Надструми виявляються трьома різними способами: тепловим при перевантаженнях, електромагнітним при КЗ, електронним при

перевантаженнях та КЗ. Тепловий та електромагнітний способи захисту реалізуються у вигляді термомагнітних розчеплювачів, виготовлених за перевіреною часом недорогою технологією. Термомагнітні розчеплювачі не володіють достатньою гнучкістю настройки захисних часострумових характеристик [5].

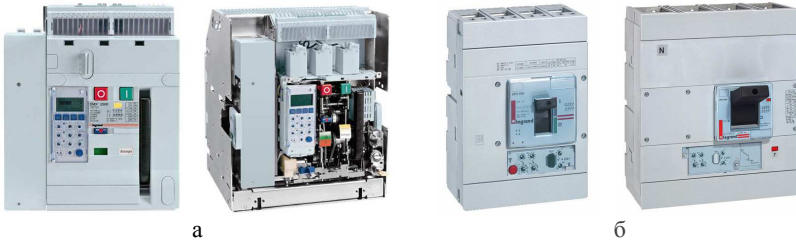


Рис. 19 – Автоматичні вимикачі Legrand: а – DMX; б – DPX.

Термічний розчеплювач складається з біметалевої пластини, яка при нагріванні вище певної температури вигинається, звільняючи пристрій, що утримує головні контакти. Швидкодія біметалевої пластини зворотно пропорційна значенню струму. Тепловий розчеплювач характеризується тепловою інерцією, і після замикання автоматичного вимикача, що спрацював, час наступного спрацювання зменшується. Струм спрацювання можна встановити в діапазоні 0,4-1,0 від номінального.

Електромагнітний розчеплювач являє собою електромагніт, який при виникненні надструму впливає на пристрій, що утримує головні контакти, що призводить до їх розмикання. Є можливість регулювати струм спрацювання в широкому діапазоні, що дозволяє легко налаштувати автоматичний вимикач під конкретні вимоги захисту. Крім того, таке регулювання можна використовувати для забезпечення селективності спрацювання автоматичних вимикачів.

У разі електронного розчеплювача в кожному полюсі автоматичного вимикача розташований вимірювальний трансформатор струму, що вимірює струм, що протікає через нього. Виміряне й задане значення струмів порівнюються в електронному модулі, який у разі перевищення заданого значення розмикає автоматичний вимикач. Електронні розчеплювачі застосовуються в вимикачах DPX та DMX.

Часострумova характеристика має три зони спрацювання:

- "велика затримка" відповідає тепловому розчеплювачу і захищає електричне коло від перевантаження;

- "мала затримка" відповідає захисту від "малих" струмів КЗ в кінці ліній, що захищається. Межу спрацьовування можна встановити. За рахунок зміни порогу спрацьовування можна збільшити час затримки до 1 секунди, що використовується для забезпечення надійної селективності спрацьовування розташованих нижче апаратів захисту;

- "миттєво" відповідає захисті від "великих" струмів КЗ. Межа спрацьовування встановлюється при виготовленні і залежить від моделі автоматичного вимикача.

Автоматичні вимикачі DMX в стандартній комплектації оснащені електронними блоками захисту MP17 [5]. За допомогою поворотних перемикачів відбувається налаштування: уставки  $I_r$  в діапазоні  $(0,4-1,0)I_n$  (сім ступенів), уставки  $I_m$  захисту від КЗ в діапазоні  $(2-12)I_r$  (сім ступенів) з короткочасною затримкою спрацьовування захисту  $T_m$  в діапазоні 0-1 с (сім ступенів), уставки  $I_i$  миттєвої струмової відсічки від OFF до  $10I_n$ . Налаштування блоку захисту здійснюється поворотними перемикачами і тому є енергонезалежною. Розчеплювач MP17 має також захист миттєвої дії від дуже великих струмів КЗ.

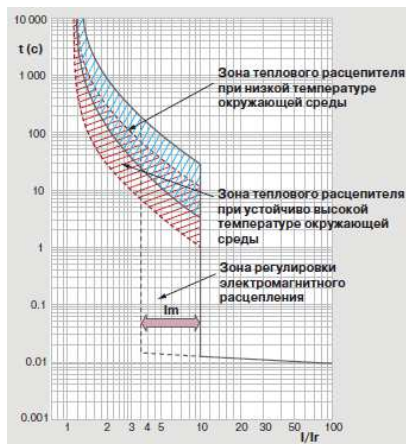


Рис. 20 – Захисна характеристика термомагнітного розчеплювача автоматичного вимикача Legrand DPX.

Автоматичні вимикачі серії DPX E та DPX ER є одними з самих компактних у своєму класі. Вони можуть легко розміститися прямо на DIN-рейку в один ряд з модульним електроустаткуванням. Вимикачі DPX випускаються з термомагнітними і електронними розчеплювачами на номінальні струми від 25-1600 А з відмикаючою здатністю від 36-100 кА. Головні конструктивні особливості вимикачів DPX – це оптимізовані габаритні розміри, простота інсталяції, експлуатації, наявність додаткових аксесуарів і висока надійність. Автоматичні вимикачі з термомагнітними розчеплювачем призначені для захисту від перевантажень і КЗ. Регульована установка захисту від КЗ є у всіх апаратів від DPX 250 і вище (рис. 20). Вимикачі DMX з термомагнітними розчеплювачами випускаються на струми до 1250 А з найбільшою відмикальною здатністю до 100 кА.

Вимикачі Legrand DPX з мікропроцесорними розчеплювачами в залежності від виконання дозволяють точніше налаштувати захист від перевантажень, КЗ та замикань на землю.

Автоматичні вимикачі Legrand DPX з електронними розчеплювачами оснащені модулями, в яких налаштована логічна або динамічна селективність захисту.

Технічні характеристики автоматичних вимикачів Legrand, що характеризують захисні властивості, наведені в табл. 6.

Таблиця 6 – Характеристики автоматичних вимикачів серії DPX та DMX.

Тип автоматичного вимикача	DPX 1250			DMX 2500	
Номинальний струм, $I_n$ [A]	800-1250			800, 1000, 1250, 1600	
Номинальна робоча напруга змінного струму 50 Гц, $U_e$ [В]	690			690	
Номинальна гранична відмикальна здатність при КЗ, $I_{cu}$ [кА]	X	H	L	H	L
	25	25	30	40	60
Номинальна робоча відмикальна здатність при КЗ, $I_{cs}$ [% $I_{cu}$ ]	100	75	50	100	80
Геометричні розміри при стаціонарному виконанні: ш×г×в [мм]	210×320×140			342×350,6×530	

В залежності від моделі електронні розчеплювачі DPX забезпечують виконання таких додаткових функцій:

- "термопам'ять" – при перевантаженні розчеплювач "запам'ятовує" картину зростання температури. Ця "пам'ять" регулярно оновлюється до наступного перевантаження. Однак якщо перевантаження слідує один за одним, ефекти від них накопичуються, а затримка спрацьовування апарата відповідно зменшується. Таким чином, забезпечується захист кабелів від перегріву.

- установку рівня захисту за струмом в нейтральному проводі: 0%, 50%, 100% від струму в фазному проводі.

- логічна селективність – виявивши замикання, розчеплювач DPX видає сигнал КЗ та перевіряє наявність такого ж сигналу від DPX, що стоїть нижче. За наявності такого сигналу ДПС, що стоїть вище, залишається увімкненим протягом усього часу своєї витримки. В іншому випадку він відключається негайно незалежно від значення часової уставки.

- захист від збоїв мікропроцесора.

- налаштування відмикаючого диференційного струму  $I_g$  в межах 0,2-1,0  $I_n$  та часу затримки відключення  $t_g$  в межах 0,1-1,0 с.

**Висновки.** Огляд конструкцій сучасних автоматичних вимикачів низької напруги показав доцільність їх застосування для ефективного і безпечного розподілу електроенергії, а також необхідність подальшої модернізації захисних часоистрових характеристик в напрямку підвищення чутливості до аварійного стану та розширення переліку здійснюваних захистів.

**Список літератури:** 1. Low voltage selectivity with ABB circuit-breakers / Technical Application Papers. – 2008. – 56 с. 2. ГОСТ Р 50030.2-2010. Аппаратура распределения и управления низковольтная. Часть 2. Автоматические выключатели. – Введ. 01.01.2012. – М.: Стандартинформ, 2012. – 158 с. 3. Руководство по устройству электроустановок. Технические решения "Шнейдер Электрик" / Техническая коллекция Schneider Electric. – 2009. – 469 с. 4. SIEMENS. Circuit breakers. 3VT molded case circuit breakers up to 1600 A. – 2008. – 262 с. 5. Аппаратура распределения и управления до 4000 А / Техническое руководство Legrand. – 2011. – 276 с.

*Поступила в редколлегию 25.05.2013*

УДК 621.318

**Технічний огляд сучасних автоматичних вимикачів низької напруги на номінальний струм 250 А / Серeda О.Г., Литвиненко В.В., Варшамова І.С., Моргуn В.В. // Вісник НТУ "ХПІ". Серія: Проблеми удосконалення електричних машин і апаратів. Теорія і практика. – Х.: НТУ "ХПІ", 2013. – № 35 (1008). – С. 3-23. Бібліогр.: 5 назв.**

Рассмотрены новые инновационные конструктивные решения в автоматических выключателях, которые дают возможность улучшить их защитные характеристики и применять для надежной защиты распределительных сетей низкого напряжения.

**Ключевые слова:** автоматический выключатель, расцепитель защиты, распределительное устройство.

Novel innovative design solutions in circuit breakers are considered which permit to improve their protective performance and use them for reliable protection of low voltage distribution networks.

**Keywords:** circuit breaker, protection release, distribution device.